

军事训练防治中暑/热射病降温方法专家共识

全军热射病防治专家组

[中图分类号] R594.1 [文献标志码] A [DOI] 10.11855/j.issn.0577-7402.1888.2023.0105

[声明] 本文所有作者声明无利益冲突

[引用本文] 全军热射病防治专家组. 军事训练防治中暑/热射病降温方法专家共识[J]. 解放军医学杂志, 2023, 48(8): 871-878.

[收稿日期] 2022-09-08 [录用日期] 2022-09-17 [上线日期] 2023-01-05

[摘要] 在军事训练中, 当生理热应激负载过度不能被及时纠正时, 可发生中暑, 严重者可发生劳力型热射病, 这将严重影响部队战斗力。快速、有效、持续地降温是缓解过度热应激反应, 防治中暑及热射病的关键措施。全军热射病防治专家组基于近十几年来的临床实践经验以及在中暑防治领域的研究成果, 结合国内外最新证据, 对军事训练全过程中的体温监测、预防性降温策略、治疗性降温策略等进行总结, 并广泛征求了军内急诊及危重症专家意见, 形成本共识, 以期对军事训练中实施切实有效的温度管理提供指导。

[关键词] 军事训练; 中暑; 热射病; 降温; 共识

Expert consensus on cooling methods for preventing heat illness/stroke in military training

Expert Group of Heat Stroke Prevention and Treatment of the Chinese PLA

This work was supported by the Special Task of Military Health and Epidemic Prevention (22FYFH11), and the Military Medical Innovation Project Fund (18CXZ019, 18CXZ024)

*Corresponding author. Ning Bo, E-mail: ningboicu@163.com; Song Qing, E-mail: songqing301@sina.com

[Abstract] In military training, when the physiological heat stress load is excessive and cannot be corrected in time, heat illness may occur, and in severe cases, exertional heat stroke may occur, which will seriously affect the combat effectiveness. Rapid, effective and uninterrupted cooling is the key measure to relieve excessive heat stress reaction and prevent heat illness/stroke. Based on nearly 10 years of clinical practice experience, the scientific research achievements in heatstroke prevention areas, as well as domestic and foreign latest evidence, Expert Group of Heat Stroke Prevention and Treatment of the Chinese PLA summarized the temperature monitoring, preventive and therapeutic cooling strategies in the whole process of military training, and widely consulted the opinions of emergency and critical care experts in the military, and finally formed the consensus, thus being intended to provide guidance for the implementation of effective temperature management in military training.

[Key words] military training; heat illness; heat stroke; cooling; consensus

在高强度或长时间军事行动及训练中, 当人体生理热应激负载过度失衡而不能及时纠正时, 即可发生中暑, 甚至诱发致死率极高的劳力型热射病(exertional heat stroke, EHS)^[1]。如何在规定的时间内提升训练效果, 减少EHS的发生, 是部队科学组训中极为重要的课题。

快速、有效、持续地降温是缓解过度热应激反应的关键^[2-3]。有研究发现, 伤员在热射病发生后“黄金30 min”内将核心体温降至39℃以下可实现零死亡, 且很少留有后遗症^[4-5]。因人种差异及健康人群模拟热射病与真实热射病伤员体温变化的差异, 本共识强调发现中暑/热射病伤员后5 min内需启动降温措施, 目标是30 min内将核心温度迅速降至39.0℃以下, 2 h内降至38.5℃以下, 全身降温措施应持续到临床症状缓解或直肠温度维持在37~38℃^[2]。

全军热射病防治专家组基于临床救治实践及研究成果, 对军事训练全过程中的体温监测方法、预防降温策略、治疗降温策略等形成共识, 以期对军事训练中的中暑/热射病救治提供切实可行、贴近实际的指导意见。

[基金项目] 军队卫生防疫防护专项任务(22FYFH11); 军事医学创新工程(18CXZ019, 18CXZ024)

[通信作者] 宋青, E-mail: songqing3010301@sina.com; 宁波, E-mail: ningboicu@163.com

1 体温监测方法

中暑/热射病伤员的核心体温及持续时间是评判病情严重程度的重要指标。不准确的体温测量结果会导致对高温伤员筛检、观察的遗漏,延误第一时间降温处理,引发热射病^[6]。腋下、口腔及肛门等测温部位可在局部形成密闭空间,测量值及评判标准成熟、准确,是临床常用的测温部位,而前额、颞部等部位的皮肤温度受气温、风速、湿度等周围环境影响较大。因此,选择合适的测温方法至关重要。

在军事训练中,参训人员会出现全身大汗、急促呼吸,以及会使用冰块或水浴等方式进行降温,因此不建议用腋温、口温及皮温(前额、颞部)评估训练期间及训练之后疑似中暑/热射病伤员的核心体温^[7]。目前的研究主要推荐通过直肠温度、食管温度、胶囊遥感测温来准确评估核心体温,部分学者也推荐通过测量耳蜗鼓室温度来评估核心体温^[8](图1)。

1.1 直肠测温 直肠测温(常指肛温)是将热敏肛温探头插入肛门约15 cm位置,在专用设备或模块上显示体温数据的方法,或使用弯曲型直肠温度计,将温度计水银端轻柔插入肛门3~4 cm,3~5 min后取出读数。热敏肛温探头细而柔软,伤员的耐受性好、可重复性使用、数据稳定可靠,是精准评估核心体温的常用方法。需要注意的是,由于直肠周围血液循环少,直肠温度往往会延迟约10 min反映核心温度变化。但因涉及伤员隐私,操作、消毒不当有交叉感染的风险等不足,军事训练中用此方法进行测温的普适性不强,更适用于监测重点观察人员的持续核心体温变化^[9]。

1.2 食管测温 食管是相对密封的环境,受外界环境的干扰较少,能够准确反映机体的核心温度。但测量时,需置入专用食管温度传感器探头于食管中下段,并连接专用测温设备,属于有创医疗操作。操作过程可对鼻道及咽部造成刺激,引发受试者呕吐等不适症状,目前仅限于对危重患者的体温监测,普通科室难以使用,更不可能用于军事训练现场测温。

1.3 胶囊式肠道测温 胶囊式肠道测温是通过提前吞服遥感测温胶囊,通过胶囊内置传感器将测试的胃肠道温度转变成无线信号传输到体外无线接收器中,以数字形式实时显示肠道体温信息的测温技术^[10]。胶囊传感器为一次性使用,可正常吞咽并安全通过肠道,在服后24~48 h排出体外;能够实现军事训练中实时、全程监控体温。但因其昂贵的成本,目前仅用于经费充足的临床试验研究。

1.4 鼻咽测温 鼻咽测温是将鼻咽温监测探头置入受试者鼻孔至鼻咽上部1/3深度(约为10 cm处)进行连续测温^[11]。鼻咽温监测探头靠近颈内动脉,可反映脑部温度,可以实时监测患者的核心体温,测量精确,操作方便^[12-13]。但目前主要应用于鼻咽部的手术中,不推荐用于基层部队。

1.5 耳蜗鼓室测温 耳蜗鼓室测温是通过红外耳温枪利用红外激光脉冲原理直接测量耳蜗鼓室的温度,正常值范围为35.8~37.5 °C,因耳道的半封闭环境,受外界环境影响相对较小,具有方便快捷、安全舒适、成本低廉等优点。耳蜗鼓室测温经调整入耳角度、重复测量校正,仍是一种可以接受的、适用于群体的、快速筛查测温的方法。但由于耳道生理曲度、耳道耵聍等的影响,往往不能直接测量鼓室温度,且受环境温度的影响也较大,测量结果不准确^[7]。

1.6 膀胱测温 膀胱测温是利用测温导尿管进行测温的新方法,可实现对核心体温的实时、动态监测。一般而言,膀胱温高于耳蜗鼓室温,低于直肠温。测温探头可随导尿管操作同时置入患者体内,具有经济、简便、灵敏度高的优点,但需要配备专有模块以在体外显示温度^[14]。膀胱测温仅用于有尿的患者,多用于重症监护病房及重症颅脑损伤患者,不推荐用于军事训练环境。

各种测温方法都有其局限性,掌握耳蜗鼓室温、直肠温的测温方法及规律,可得到更真实的核心测温结果,还可兼顾对群体及重点个体的体温监测。若考虑为热射病伤员,建议持续监测直肠和(或)耳蜗鼓室温度;不能做到持续监测时,建议每10 min测温1次,根据测温情况及伤员不适症状,逐渐延长或缩短监测时间,动态观察核心体温变化,及时、有效地指导降温治疗。

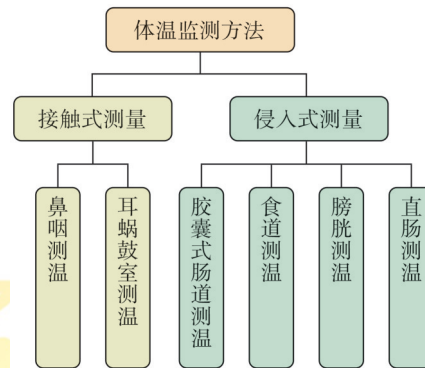


图1 目前常用的体温监测方法

Fig.1 Common temperature monitoring methods

2 中暑/热射病预防降温策略

预防中暑/热射病的降温策略是用主动或被动的的方法促使核心体温下降，达到相对扩大机体核心体温波动安全范围、降低核心温度上升速度、降低EHS发生风险及严重程度的目的^[15]。在军事训练环境中，要根据作训现场条件及设备，灵活选择或组合降温模式(图2)。

2.1 雾化扇风降温 雾化扇风降温利用了蒸发、对流冷却降温的原理，适用于训练前、中、后的全程降温过程^[16-17]。使用市售雾化扇风机时，加压装置将10~20℃水(室温水加冰)输送至高压喷头，配合风机以0.2 m/s以下的风速将雾化的水珠颗粒喷洒到皮肤上，通过压缩空气扇风加速蒸发、对流，带走身体大量热量。用凉水喷洒、湿毛巾擦拭全身等保持皮肤湿润，配以持续扇风进行降温，也是利用蒸发、对流冷却降温的原理。具体降温效果与水珠的雾化程度、水温、风速、着装及皮肤暴露面积直接相关，是训练现场最容易实现的降温方法。

2.2 水雾降温

2.2.1 跑道水雾降温 跑道水雾降温是利用蒸发吸热的原理，采用水射流及高压喷雾技术，营造1~10 μm粒径的水雾空间环境，随着水雾颗粒的不断蒸发，吸收降温区域大量热能，创造局部低温环境。多用于训练场上、训练过程中的体温控制，设备构成简单，降温速度优于雾化扇风降温，是训练场中较为理想及经济的降温手段之一。

2.2.2 背负式单兵喷雾降温 背负式单兵喷雾装置同样是利用蒸发吸热原理降温，主要由储水箱、电机及手持喷头组成，携行机动性强，可用于野外作业行进中降温。当受训人员经过水雾喷射路段时，有非常凉爽的感觉体验，可有效提高训练、考核的效率及成绩。

2.3 前臂浸泡降温 前臂浸泡降温利用的是传导降温原理，通过将双手及双前臂浸没于10~20℃凉水中，达到降温的目的。这是一种适用于水源、冰块充足的营区或训练场，应用于训练前及训练后的降温方式，通常由一个足够大的水槽组成，可供多人同时降温，在紧急情况下，也可用来实施单人浸入式冷却降温。研究表明，双前臂及双手浸没于10℃水中10 min，核心体温下降0.951℃，浸入20℃水中10 min内，核心温度可下降0.751℃^[18-19]。

2.4 海绵冷水浇头降温 海绵冷水浇头降温是用海绵吸附的冷水浇头，可获得短时、满意的降温效果。该方法起源于马拉松多项赛事，参赛者在赛事中途保障点可使用大块海绵及10~20℃冷水降温。因需要大量的水和冰，仅适用于营区内开展，不适用于野外训练。

2.5 适度补水降温 脱水是高温高强度训练中难以避免的现象。脱水发生后影响了出汗及皮肤血液循环，从而影响散热。因此，改善脱水也被认为是运动降温的方法之一。高强度训练前预防性补水可以起到延迟、预防及减轻脱水的作用。例如，在夏季开展3 km及5 km长跑前，可在30~60 min之内补水500 ml；中等以上强度训练持续1 h以上时，每小时除需在训练中继续补水500~1000 ml外，还需加补糖、盐，以满足体内能量需求及补充水钠流失。科学补盐对摄入钠盐浓度有明确的要求，60 mmol/L的氯化钠在肠道内吸收速度最快^[20]，可最大程度避免因低钠血症引发的热痉挛。在高温高湿环境下长时间训练时，推荐每小时主动摄入60 mmol/L含钠液(3.5 g盐+5~10 g糖+1000 ml水)800~1000 ml，也可选择市售口服补液盐或补水补盐饮片适量调整配比后饮用。

在干热环境中应以补充温凉水为主，避免训练前大量饮用冰水。大量饮用冰水会减弱胃肠热刺激向体温中枢传导，使体温中枢调节滞后，导致训练后高热。而在湿热环境下，补充冰水更占优势，因蒸发散热受到限制，训练前饮用冰水可提供更大的机体内部冷却能力，被认为是一种有效的预冷策略^[21]。

理论上，所有治疗降温措施都可以用来预防降温，但军事训练环境要求集体参训、着装统一、令行禁止，也并非只安排在室内、营区内训练场，更多的是安排在野外，行进中缺乏电、水、冰的供给，只能利用

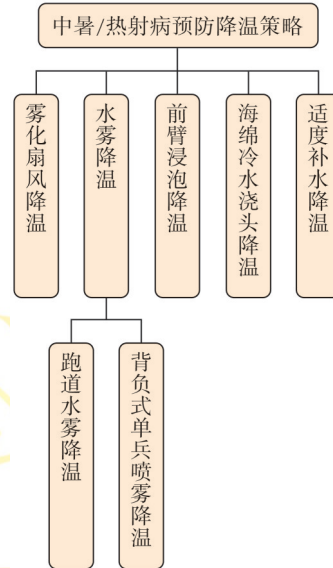


图2 中暑/热射病的预防降温策略

Fig.2 Cooling methods for heat stroke prevention

单兵携行降温装备(如背负式单兵喷雾装置、湿毛巾等)积极控制降温,及时补水补盐,多措并举,以控制核心体温的升高。

3 中暑/热射病治疗降温策略

降温延迟是导致伤员死亡或遗留严重残疾的最重要因素^[19,22]。针对降温方案效果的评估有两种观点,一种观点按 $0.155\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 将降温速率分为“充分降温($\geq 0.155\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$)”与“不充分降温($< 0.155\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$)”,另一种观点认为 $\geq 0.155\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率是理想降温状态,又按 $0.079\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 将“不充分降温”细分为“有效降温($0.079\sim 0.155\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$)”与“无效降温($< 0.079\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$)”^[23]。所有怀疑热射病诊断的伤员必须尽早脱离高温环境,立即开始降温,优选、组合可实现的降温方法(图3),力求在30 min内把核心温度降至 $38.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。

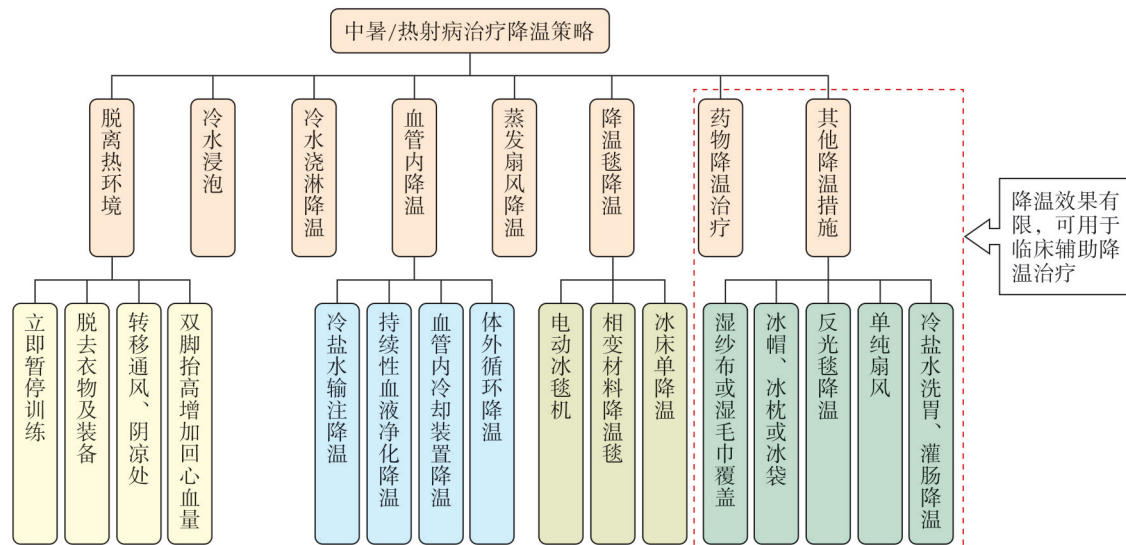


图3 中暑/热射病治疗降温策略

Fig.3 Cooling strategy for heat illness/heat stroke

3.1 脱离热环境 疑似患有热射病的伤员应做到:(1)立即暂停训练;(2)脱去衣物及装备;(3)转移(5 min内可到达)、平卧在通风、阴凉处休息,如树荫下、提前设置的通风遮阳区域等,避免直接躺在水泥地面上(太阳照射下的水泥地面不仅可能抵消降温措施,还有可能促使机体吸热,加剧病情恶化);(4)双脚抬高增加回心血量。5 min内立即启动有效现场降温。

3.2 冷水浸泡(cool water immersion, CWI)降温 冷水浸泡降温利用传导降温原理,用大型容器(如浴桶、油布、水池)将患者颈部以下浸泡在冷水中,是最有效的全身降温方式,也是EHS降温治疗的“金标准”。

Demartini等^[24]研究了18年间的274例EHS伤员,发现在使用冷水($10\text{ }^{\circ}\text{C}$)浸泡降温后生存率达到100%。 $8\sim 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷水浸泡的降温速率为 $0.16\sim 0.26\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ^[23],而 $2\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰水浸泡时降温速率更快($0.12\sim 0.36\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$)^[4]。在军事训练、演习过程中,经常需要野外驻训,难以及时提供充足的水和冰,落实低温水浸泡存在诸多困难,反而室温水、存储饮用水或自然水源水更容易获得。研究表明,在 $20\sim 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温水中浸泡时,几乎没有不适、颤抖或潜在的冷休克反应(如交感神经活动增加、脑血流量减少),并能达到很好的降温效果,降温速率可达 $0.11\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ^[25],同时发生过低温的风险小,浸泡后复温需求概率低;在浸泡过程中,通过搅动促使水在皮肤表面循环流动,可最大限度地发挥水的对流及传导特性,快速带走体内热量^[26]。在水浴过程中,要注意确保伤员头部不能没进水下,以保护呼吸道,防止误吸及溺水。

3.3 冷水浇淋降温 冷水浇淋降温也是通过传导原理快速降低皮肤温度及核心体温的有效方法,借鉴于冷水浸浴,可据冰水比例实现不同温度的冷水浇淋,降温冷却速率为 $0.07\sim 0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ^[16]。冷水浇淋是指在装有冷水的浴缸上放置支撑垫板,伤员仰卧于垫板上,然后不断地往伤员身上泼水、倒水。这种方法相比冷水浸浴更便于应付突发意外事件(如室颤等)的抢救及治疗;此外,冷水浇淋、肢体按摩的组合降温模式更适用于经典型热射病,按摩可通过降低皮肤血管收缩反应而降温;但在军事训练环境中,对EHS伤员进行降温时禁止用力按摩,以免进一步加重横纹肌溶解及急性肾损伤^[27]。

理论上,冷水淋浴也可以用于训练前的预防性降温,但在军事训练环境下的普适性不强。针对重点观察

对象,利用现有的沐浴设备,在加强看护的前提下,可以作为一种可接受、相对便捷的快速降温手段。不足之处在于提供的多为室温水(受当地自来水温度限制),淋浴使用的是循环水,理论上比室温水浸浴的降温效果更优,也更适用于神志清楚的中暑或热射病伤员。

3.4 血管内降温

3.4.1 冷盐水输注降温 冷盐水静脉输注降温治疗主要是通过静脉通道将冷(4℃)氯化钠溶液输注到伤员体内。已有研究证实冷盐水静脉输注降温治疗EHS可取得较好的效果^[28-30]。国外有研究给16例健康志愿者持续30 min以30 ml/kg的速度静脉输注冷盐水(4℃)及室温盐水(23℃),结果发现输注冷盐水的志愿者体温降低1℃,而输注室温盐水的志愿者体温降低0.5℃^[31]。

考虑到人种差异及冷盐水输注对血管内皮的损伤作用及凝血系统激活的影响,本共识建议初次行冷盐水输注时,30 min内不宜超过500 ml,随时监测核心体温及凝血指标变化,根据伤者病情重复输注。冷盐水静脉输注更适用于脱水或伴有休克的中暑/热射病伤员,可缩短其住院时间^[32]。冷盐水静脉输注也可与其他冷却方式结合使用,可改善伤员预后。但4℃生理盐水的降温速率较快,为0.066℃/min,且降温速率与患者体重、体表面积及体脂率有关。

3.4.2 血管内冷却装置降温 血管内冷却装置降温利用传导降温原理,将热交换导管置入深静脉血管内与周围血液进行热交换而达到降温目的,有报道称其降温速率可达0.08℃/min^[33],具有降温快速、准确、控温能力强的优点,常用于心搏骤停后的脑复苏、急性心肌梗死等危重病的亚低温治疗^[34]。血管内冷却装置降温为有创降温措施,有增加血管内血栓形成的风险^[35-36]。临床上该装置用于热射病降温治疗的经验不多,可作为降温的备选方法。但血管内冷却装置降温只能在医院内开展,不推荐用于基层部队。

3.4.3 持续性血液净化降温 持续性血液净化治疗可用于热射病重症伤员的降温、抗炎、保护重要脏器功能等集束化治疗^[37],降温速度与血流速度、置换液/透析液量及温度有关,在降温的同时有助于纠正电解质紊乱、酸碱平衡、渗透压及体液失衡。持续性血液净化属于有创操作,需要专业医护人员及专用设备,是热射病治疗原则“十早一禁”的关键点之一^[38],仅用于综合医院重症监护病房,费用昂贵,不推荐用于基层部队。

3.4.4 体外循环降温 体外循环降温技术是利用特殊人工装置将回心静脉血引流到体外,用人工方法降温后输回体内动脉系统的降温技术,通过提前的降温设定,可以快速准确地将体温降到设定值,推荐降温速率为0.5℃/min,多于心脏外科手术时为心肌、脑及神经组织提供保护^[39-40]。开展体外循环降温时,应注意变温器与血液的温度差,以免溶解于体内的气体析出,导致气栓形成;操作过程中降温过快也会引起区域性脑温不均匀,导致脑温反跳,引起大脑、神经组织损伤等并发症^[41]。体外循环降温为有创操作,基于设备及技术的限制,仅适用于体外循环手术中的低温管理,不推荐用于基层部队。

3.5 降温毯降温

3.5.1 电动冰毯机 电动冰毯机在临床上的应用已经非常成熟,主要利用半导体制冷原理,将水箱内的蒸馏水冷却至4~10℃,通过主机与冰毯内的水进行循环交换达到降温的目的,同时可监控核心体温。直接设置目标核心体温在37~38℃后,冰毯机在中暑/热射病伤员体温与目标体温之间自动调节毯温,促使其核心体温达标。电动冰毯机有用电需求,使用方便且目标体温设定准确,适用于有基础设施保障的地点使用。

3.5.2 相变材料降温毯 相变材料降温毯是一种新型辅助降温设备,配套恒温冷藏箱,需少许冰袋辅助,维持冷藏箱内温度低于相变温度。相变材料降温毯在特定相变温度下,可长期维持相变固态备用,方便存贮及应急。因其在特定相变温度下可以自行转换蓄能,有独特的便捷性,尤其适用于基础设施较差的长途转运^[42],可根据不同地域气温,选择不同特定相变温度的降温毯。

3.5.3 冰床单降温 冰床单降温是利用传导原理进行降温,需要在一个很大的容器内装满1/3冷水及2/3的冰,然后将所有单人床单放在冰水中(每名预计中暑伤亡人员准备5条床单)备用。冰床单可铺垫或卷曲,分别置于身下、腹股沟、腋窝、颈部、躯干及大腿,要求每3~5 min重新冰水浇湿或更换一次床单,在储备床单足够且转运看护人力充足的情况下,可用于伤员转运后途中的持续降温。冷却速率为0.060~0.068℃/min。不适用于EHS伤员的现场降温治疗^[43]。

3.6 蒸发扇风降温 蒸发扇风降温主要通过10~20℃水(冰+室温水)喷雾配合强力风扇降温,受训者可获得非常好的凉爽感受,有助于高强度训练后的自我恢复,可使体表水分快速蒸发并带走热量,但其降温速率仅为0.034~0.11℃/min^[16],受气温、水量、水温及风速影响很大,不适用于EHS伤员的现场降温。军事训练环境中,可与其他冷却方式结合应用,以获得更好的降温效果。

3.7 其他降温措施 用湿纱布或湿毛巾大面积覆盖皮肤(降温速率 $0.06\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$),在血管丰富的部位(如颈部、腹股沟、腋下等)使用冰帽、冰枕或冰袋(降温速率 $0.028\sim 0.034\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$),穿戴相变材料冷却背心(降温速率 $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$),使用反光毯降温(降温速率 $0.02\sim 0.03\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$),以及单纯扇风(降温速率 $0.04\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$)^[27]均属于不可接受范畴的降温速率,理论上对降低核心体温没有帮助,但可以改善中暑/热射病伤员的热感受,可作为辅助手段协助降温。 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷盐水洗胃和(或)灌肠降温在临床上取得了较明显的降温效果,可用于临床辅助降温治疗^[1]。因条件所限,这种方式不适用于军事训练野战环境。

3.8 药物降温治疗 药物降温可能会引发严重的并发症,中暑/热射病治疗不建议使用药物降温。临床上使用的非甾体类解热镇痛药主要通过抑制前列腺素或降低体温调定点而发挥作用,对中暑导致的高热无效,盲目使用还可能加重凝血功能障碍及肝脏、肠道损伤;丹曲林可用于治疗恶性高热,但对中暑/热射病伤员降温治疗无效^[44]。有报道氯丙嗪对中暑/热射病伤员有较好的降温效果,但氯丙嗪可加重伤员意识障碍、横纹肌溶解、呼吸抑制等情况,限制了其在临床的应用^[45]。

4 中暑/热射病伤员降温处理方案

只要掌控好降温过程中对核心体温的监控,发生过低体温的概率不高。目前国外大多数指南推荐核心体温的目标值为 $38.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[46-47]。也有研究认为蒸发降温法的终点温度目标值是 $38\text{ }^{\circ}\text{C}$,而冷水浴降温法的终点温度目标值是 $38.6\sim 39.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[16]。因一般核心温度下降到 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 才会发生轻度低体温,而在军事训练中,由于降温条件的限制($15\sim 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浴常见),本共识提出对中暑/热射病伤员的全身降温应一直持续到临床改善或直肠温度在 $37.0\sim 38.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,而不应仅仅依据某一温度节点来终止降温。

只有快速、有效、持续的降温,才能在第一时间挽救中暑/热射病伤员。足够的冷却降温速率是保证伤员存活的关键,降温不足的EHS伤员并发症的发生风险是获得足够冷却降温伤员的4.57倍^[48]。上述各种降温方法的效果虽然存在差异,但军事训练环境错综复杂、条件艰苦,在更有效的降温措施可用之前,鼓励因地制宜,使用任何可用方式为中暑/热射病伤员降温。救治原则是“先降温后转运”,在实际应用中,根据不同训练场景采用多种降温方法组合的策略,对提高参训者应对热应激的能力、降低热射病伤员病情危重程度具有十分重要的作用。只有在现场无法充分降温,无必要的急救药品及设备,5 min内可转运到具有更好降温条件及设施的场所,或通过核心体温评估证实达到有效降温目标,才应转运EHS伤员,并应在运输过程中通过冷湿毛巾、降温毯等持续降温^[49-50]。

执笔人: 汪茜(解放军总医院第三医学中心急诊医学科), 赖斌(解放军总医院第三医学中心急诊医学科), 刘树元(解放军总医院第六医学中心急诊医学科), 李鑫(解放军总医院第三医学中心急诊医学科), 宁波(空军特色医学中心重症医学科), 宋青(解放军总医院海南医院重症医学科)。

全军热射病防治专家组: 宋青(解放军总医院海南医院重症医学科), 宁波(空军特色医学中心重症医学科), 李海玲(海军第971医院重症医学科), 宋景春(解放军联勤保障部队第908医院重症医学科), 黎檀实(解放军总医院第一医学中心急诊医学科), 李福祥(西部战区总医院重症医学科), 高燕(北部战区总医院急诊医学科), 唐忠志(中部战区总医院急诊医学科), 张伟(解放军联勤保障部队第900医院急诊医学科), 边革元(解放军联勤保障部队第920医院重症医学科), 周新(新疆军区总医院重症医学科), 朱海燕(解放军总医院第一医学中心急诊医学科), 王全顺(解放军总医院第一医学中心血液科), 李慧灵(解放军总医院海南医院呼吸科), 陈威(解放军总医院第三医学中心急诊医学科), 刘树元(解放军总医院第六医学中心急诊医学科), 孙荣距(解放军总医院第八医学中心急诊医学科), 张玉想(解放军总医院第八医学中心重症医学科), 李世军(东部战区总医院肾病科), 李奕鑫(解放军联勤保障部队第910医院急诊医学科), 尹昌林(陆军军医大学第一附属医院重症医学科), 张西京(空军军医大学附属西京医院重症医学科), 文强(南部战区总医院重症医学科), 崔岩(北部战区总医院重症医学科), 李庆华(解放军联勤保障部队第990医院重症医学科), 王天轶(解放军联勤保障部队第980医院重症医学科), 赵贵锋(火箭军特色医学中心重症医学科), 李国强(武警特色医学中心重症医学科), 窦燕(解放军联勤保障部队第909医院重症医学科), 汪茜(解放军总医院第三医学中心急诊医学科), 李艳(解放军总医院第五医学中心重症医学科), 杨若腾(解放军73141部队), 赖斌(解放军总医院第三医学中心急诊医学科), 李鑫(解放军总医院第三医学中心急诊医学科)。

【参考文献】

- [1] Liu SY, Song JC, Mao HD, et al. Expert consensus on the diagnosis and treatment of heat stroke in China[J]. Mil Med Res, 2020, 7(1): 1.
- [2] Liu SY, Wang Q, Tao Y, et al. The strategies and applications of cooling techniques in heat illness[J]. Med J Air Force, 2021, 37(6): 531-534. [刘树元,

- 汪茜, 陶冶, 等. 中暑降温策略与降温技术应用[J]. 空军医学杂志, 2021, 37(6): 531-534.]
- [3] Ning B, Liu SY, Song Q. Expert consensus on the prevention of heat illness in high-intensity training for troops during summer[J]. Med J Air Force, 2019, 35(4): 283-288. [宁波, 刘树元, 宋青. 暑期部队高强度训练预防中暑专家共识[J]. 空军医学杂志, 2019, 35(4): 283-288.]
- [4] Casa DJ, Armstrong LE, Kenny GP, et al. Exertional heat stroke: new concepts regarding cause and care[J]. Curr Sports Med Rep, 2012, 11(3): 115-123.
- [5] Casa DJ, McDermott BP, Lee EC, et al. Cold water immersion: the gold standard for exertional heatstroke treatment[J]. Exerc Sport Sci Rev, 2007, 35(3): 141-149.
- [6] Lee SM, Williams WJ, Fortney Schneider SM. Core temperature measurement during supine exercise: esophageal, rectal, and intestinal temperatures[J]. Aviat Space Environ Med, 2000, 71(9): 939-945.
- [7] Casa DJ, Becker SM, Ganio MS, et al. Validity of devices that assess body temperature during outdoor exercise in the heat[J]. J Athl Train, 2007, 42(3): 333-342.
- [8] Jiang Y, Wang YK, Shi XL, et al. Improvement of cerebral blood perfusion in certain cerebral regions after cranioplasty could be monitored via tympanic membrane temperature changes[J]. Brain Inj, 2018, 32(11): 1405-1412.
- [9] Clements JM, Casa DJ, Knight J, et al. Ice-water immersion and cold-water immersion provide similar cooling rates in runners with exercise-induced hyperthermia[J]. J Athl Train, 2002, 37(2): 146-150.
- [10] Wade RG, Dziejewski P, Philp BM. The role of an ingestible telemetric thermometer in preventing exertional heat stroke, for a patient with healed massive burns running the 2007 London marathon[J]. Burns, 2010, 36(6): e119-e125.
- [11] Hine K, Hosono S, Kawabata K, et al. Nasopharynx is well-suited for core temperature measurement during hypothermia therapy[J]. Pediatr Int, 2017, 59(1): 29-33.
- [12] Yin GJ, Luo ZB, Song XY, et al. Application of temperature monitoring at different sites in craniotomy[J]. Chin J Clin Neurosurg, 2019, 24(6): 339-340, 344. [殷国江, 罗中兵, 宋晓阳, 等. 不同部位体温监测在开颅手术中的应用[J]. 中国临床神经外科杂志, 2019, 24(6): 339-340, 344.]
- [13] Ferreira RES, de Paiva BLC, de Freitas FGR, et al. Efficacy and safety of a nasopharyngeal catheter for selective brain cooling in patients with traumatic brain injury: a prospective, non-randomized pilot study[J]. Neurocrit Care, 2021, 34(2): 581-592.
- [14] Chacko B, Peter J. Temperature monitoring in the intensive care unit[J]. Indian J Respir Care, 2018, 7(1): 28.
- [15] O'Hara R, Eveland E, Fortuna S, et al. Current and future cooling technologies used in preventing heat illness and improving work capacity for battlefield soldiers: review of the literature[J]. Mil Med, 2008, 173(7): 653-657.
- [16] Gaudio FG, Grissom CK. Cooling methods in heat stroke[J]. J Emerg Med, 2016, 50(4): 607-616.
- [17] Douma MJ, Aves T, Allan KS, et al. First aid cooling techniques for heat stroke and exertional hyperthermia: a systematic review and meta-analysis[J]. Resuscitation, 2020, 148: 173-190.
- [18] DeGroot DW, Gallimore RP, Thompson SM, et al. Extremity cooling for heat stress mitigation in military and occupational settings[J]. J Therm Biol, 2013, 38(6): 305-310.
- [19] Lee JK, Kenefick RW, Chevront SN. Novel cooling strategies for military training and operations[J]. J Strength Cond Res, 2015, 29(Suppl 11): S77-S81.
- [20] Gu LQ, Han YM, Li W, et al. Effect of combined hydration and salt supplementation on heat stress response[J]. Med J Chin Peop Arm Pol For, 2022, 33(6): 533-536, 548. [谷利群, 韩玉明, 李愿, 等. 补水补盐联合辅助降温对热应激反应的影响[J]. 武警医学, 2022, 33(6): 533-536, 548.]
- [21] Alhadad SB, Tan PMS, Lee JKW. Efficacy of heat mitigation strategies on core temperature and endurance exercise: a Meta-analysis[J]. Front Physiol, 2019, 10: 71.
- [22] Ning B, Song Q, Chen ZL. Experience in preventing heat illness protection in military training in humid and hot climate[J]. Med J Air Force, 2018, 34(1): 16-18. [宁波, 宋青, 陈自力. 湿热气候军事训练预防中暑保障体会[J]. 空军医学杂志, 2018, 34(1): 16-18.]
- [23] McDermott BP, Casa DJ, Ganio MS, et al. Acute whole-body cooling for exercise-induced hyperthermia: a systematic review[J]. J Athl Train, 2009, 44(1): 84-93.
- [24] Demartini JK, Casa DJ, Stearns R, et al. Effectiveness of cold water immersion in the treatment of exertional heat stroke at the Falmouth Road Race[J]. Med Sci Sports Exerc, 2015, 47(2): 240-245.
- [25] Truxton TT, Miller KC. Can temperate-water immersion effectively reduce rectal temperature in exertional heat stroke? A critically appraised topic[J]. J Sport Rehabil, 2017, 26(5): 447-451.
- [26] Hosokawa Y, Adams WM, Belval LN, et al. Tarp-assisted cooling as a method of whole-body cooling in hyperthermic individuals[J]. Ann Emerg Med, 2017, 69(3): 347-352.
- [27] McDermott BP, Casa DJ, O'Connor FG, et al. Cold-water dousing with ice massage to treat exertional heat stroke: a case series[J]. Aviat Space Environ Med, 2009, 80(8): 720-722.
- [28] Bouscaren N, Faricier R, Millet GY, et al. Heat acclimatization, cooling strategies, and hydration during an ultra-trail in warm and humid conditions[J]. Nutrients, 2021, 13(4): 1085.
- [29] Wang Yang. Observation on the effect of cold fluid intravenous infusion cooling method in the treatment of acute thermal injury diseases[J]. Chin J Convalescent Med, 2018, 27(11): 1189-1191. [王洋. 冷液静脉灌注降温法治疗急性热损伤性疾病效果观察[J]. 中国疗养医学, 2018, 27(11): 1189-1191.]
- [30] Liao DL, Zhang W. Study on the application of rapid intravascular cold fluid infusion for cooling in the early treatment of patients with heat stroke with hyperthermia[J]. J Clin Emerg, 2016, 17(6): 450-453. [廖达林, 张伟. 快速血管内冷液体灌注降温在中暑伴高热患者早期救治中的应用研究[J]. 临床急诊杂志, 2016, 17(6): 450-453.]

- [31] Moore TM, Callaway CW, Hostler D. Core temperature cooling in healthy volunteers after rapid intravenous infusion of cold and room temperature saline solution[J]. *Ann Emerg Med*, 2008, 51(2): 153-159.
- [32] Mok G, DeGroot D, Hathaway NE, *et al.* Exertional heat injury: effects of adding cold (4 °C) intravenous saline to prehospital protocol[J]. *Curr Sports Med Rep*, 2017, 16(2): 103-108.
- [33] Bursley MM, Galer M, Oh RC, *et al.* Successful management of severe exertional heat stroke with endovascular cooling after failure of standard cooling measures[J]. *J Emerg Med*, 2019, 57(2): e53-e56.
- [34] Urits I, Jones MR, Orhurhu V, *et al.* A comprehensive update of current anesthesia perspectives on therapeutic hypothermia[J]. *Adv Ther*, 2019, 36(9): 2223-2232.
- [35] Ikejiri K, Suzuki K, Ishikura K, *et al.* Endovascular cooling catheter-related thrombosis after targeted temperature management for out-of-hospital cardiac arrest: a case report[J]. *Ther Hypothermia Temp Manag*, 2020, 10(4): 244-247.
- [36] Gao JX, Li TS. Research progress on safety and efficacy of intravascular cooling technique in the treatment of heat stroke[J]. *Med J Chin PLA*, 2021, 46(2): 207-211. [高建新, 黎檀实. 血管内降温技术及其治疗热射病的有效性和安全性研究进展[J]. *解放军医学杂志*, 2021, 46(2): 207-211.]
- [37] Xia SY, Lin GD, Su L. Research progress of intravascular cooling in clinical treatment of heatstroke[J]. *Med J Chin PLA*, 2021, 46(5): 525-530. [夏诗语, 林国东, 苏磊. 血管内降温在重症中暑临床救治中的作用研究进展[J]. *解放军医学杂志*, 2021, 46(5): 525-530.]
- [38] Expert Group of Heat Stroke Prevention and Treatment of the People's Liberation Army, Expert Consensus Group on Emergency Diagnosis and Treatment of Heat Stroke. Expert consensus on emergency diagnosis and treatment of heat stroke (2021)[J]. *Chin J Emerg Med*, 2021, 30(11): 1290-1299. [全军热射病防治专家组, 热射病急诊诊断与治疗专家共识组. 热射病急诊诊断与治疗专家共识(2021版)[J]. *中华急诊医学杂志*, 2021, 30(11): 1290-1299.]
- [39] Zhou YF, Yang JP, Peng YL, *et al.* Evidence-based practice of temperature management in extracorporeal cardiac surgery[J]. *J Nurs*, 2022, 29(3): 40-45. [周毅峰, 杨继平, 彭瑶丽, 等. 体外循环心脏手术中体温管理循证实践[J]. *护理学报*, 2022, 29(3): 40-45.]
- [40] Englum BR, He X, Gulack BC, *et al.* Hypothermia and cerebral protection strategies in aortic arch surgery: a comparative effectiveness analysis from the STS Adult Cardiac Surgery Database[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 52(3): 492-498.
- [41] Dietrich WD. Therapeutic hypothermia[J]. *Ther Hypothermia Temp Manag*, 2018, 8(4): 187.
- [42] Sun Y, Wang X, Gao TC, *et al.* Evaluation of the cooling effect of phase-change material temperature control blankets after heat stress in military training[J]. *Acad J Chin PLA Med Sch*, 2022, 43(7): 769-773. [孙莹, 汪茜, 高天赐, 等. 相变材料控温毯在军事训练热应激后的降温效果评价[J]. *解放军医学院学报*, 2022, 43(7): 769-773.]
- [43] Audet GN, Dineen SM, Stewart DA, *et al.* Pretreatment with indomethacin results in increased heat stroke severity during recovery in a rodent model of heat stroke[J]. *J Appl Physiol* (1985), 2017, 123(3): 544-557.
- [44] Lipman GS, Gaudio FG, Eifling KP, *et al.* Wilderness medical society clinical practice guidelines for the prevention and treatment of heat illness: 2019 update[J]. *Wilderness Environ Med*, 2019, 30(4S): S33-S46.
- [45] Kwok JS, Chan TY. Recurrent heat-related illnesses during antipsychotic treatment[J]. *Ann Pharmacother*, 2005, 39(11):1940-1942.
- [46] Atha WF. Heat-related illness[J]. *Emerg Med Clin North Am*, 2013, 31(4): 1097-1108.
- [47] Nichols AW. Heat-related illness in sports and exercise[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2014, 7(4): 355-365.
- [48] Filep EM, Murata Y, Endres BD, *et al.* Exertional heat stroke, modality cooling rate, and survival outcomes: a systematic review[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2020, 56(11): E589.
- [49] Binkley HM, Beckett J, Casa DJ, *et al.* National athletic trainers' association position statement: exertional heat illnesses[J]. *J Athl Train*, 2002, 37(3): 329-343.
- [50] Belval LN, Casa DJ, Adams WM, *et al.* Consensus statement- prehospital care of exertional heat stroke[J]. *Prehosp Emerg Care*, 2018, 22(3): 392-397.